

EFISIENSI PROSES KOAGULASI DI KOMPARTEMEN FLOKULATOR TERSUSUN SERI DALAM SISTEM PENGOLAHAN AIR BERSIH

Ignasius D.A. Sutapa

Pusat Penelitian Limnologi – LIPI
Kompleks LIPI – Cibinong
Jl. Prof. Doddy Tisna Amidjaya, PO BOX 454, Cibinong – BOGOR
Tel/Fax. : 021 – 8757071 / 021 – 8757076
Email : ignasiussutapa@chemist.com / ignasdas@yahoo.co.id

Abstrak

Proses koagulasi flokulasi dalam pengolahan air minum sangat penting untuk ditinjau lebih jauh karena mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap proses purifikasi air berikutnya dan kualitas air produksi. Dengan penambahan koagulan ke dalam air baku, proses koagulasi partikel yang diantaranya berupa koloid akan terjadi di kompartemen flokulator. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji efisiensi proses koagulasi – flokulasi di kompartemen flokulator yang berjumlah 6 dan tersusun secara seri sebagai alternatif untuk pengadukan lambat. Untuk penelitian ini digunakan instalasi pengolahan air bersih skala pilot dengan kapasitas produksi air bersih 30 l/menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kompartemen flokulator yang berjumlah 6 tersusun secara seri mampu memberikan efisiensi proses koagulasi – flokulasi yang baik. Dengan penambahan konsentrasi koagulan standard berkisar 20 – 30 mg/l, turbiditas air baku yang awalnya berada dalam kisaran 20 NTU, menurun secara gradual di 6 kompartemen menjadi 6 NTU di kompartemen terakhir. Sementara air hasil pengolahan akhir memiliki tingkat kekeruhan 0 - 1 NTU. Sehingga nilai efisiensi proses pengolahan air adalah 95 %.

Kata kunci : koagulan, efisiensi koagulasi, kualitas air, kompartemen seri

1. Pendahuluan

Pada umumnya, air permukaan yang biasa digunakan sebagai air baku untuk air diolah menjadi air bersih, mengandung berbagai macam partikel koloid yang mempengaruhi turbiditas dan warna air. Sejumlah besar partikel yang tersuspensi dalam air berukuran sangat kecil sehingga tidak dapat dihilangkan melalui proses sedimentasi atau filtrasi. Sifat stabil partikel ini dikarenakan partikel tersebut bermuatan negatif. Proses destabilisasi partikel ini diperoleh melalui proses pengadukan dengan penambahan koagulan. Proses ini disebut koagulasi (McGhee, 1991). Proses flokulasi merupakan proses fisik yang mendorong partikel-partikel hasil penetralan muatan membentuk agregasi partikel

berukuran besar sehingga lebih mudah mengendap.

Koagulan merupakan reagen kimia yang dapat mendorong terjadinya destabilisasi partikel berukuran koloid dalam proses koagulasi. Koagulan berbasis aluminium seperti alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$) atau *Poly-Aluminium Chloride* (PAC) merupakan jenis koagulan yang umum digunakan pada pengolahan air minum untuk meningkatkan penurunan materi partikel, koloid dan substansi terlarut lainnya melalui proses koagulasi

Adanya keterbatasan-keterbatasan kinerja alum ini yang membuat jenis koagulan lain mulai banyak dipergunakan, yaitu *Poly-Aluminium Chloride* (PAC) sebagai alternatif alum. PAC mempunyai

kisaran optimum yang lebih luas yaitu 5,0-8,5 dibanding alum (American Society of Civil Engineering and American Water Works Association, 1996). Keuntungan lain yang didapatkan dalam menggunakan PAC telah dibuktikan dalam penelitian Singh et al (2004) yaitu bahwa turbiditas air hasil koagulasi dengan PAC lebih rendah dibandingkan alum pada penggunaan konsentrasi yang sama.

Tiga tahap penting yang terjadi dalam proses koagulasi-flokulasi yaitu pembentukan spesies, destabilisasi partikel dan tumbukan interpartikel (Haines, 2003 ; Geng, 2005). Pembentukan spesies terjadi saat koagulan melalui serangkaian reaksi hidrolisis ketika koagulan ditambahkan ke dalam air. Pembentukan spesies pada alum sedikit berbeda dengan PAC. Pada alum, hanya spesies monomer saja yang terbentuk yaitu Al^{3+} , $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^+$, dan $Al(OH)_4^-$. Sementara pada PAC, selain monomer, kation polimer juga terbentuk, dimana didominasi oleh $Al_{13}O_4(OH)_{24}^{7+}$ (Geng, 2005).

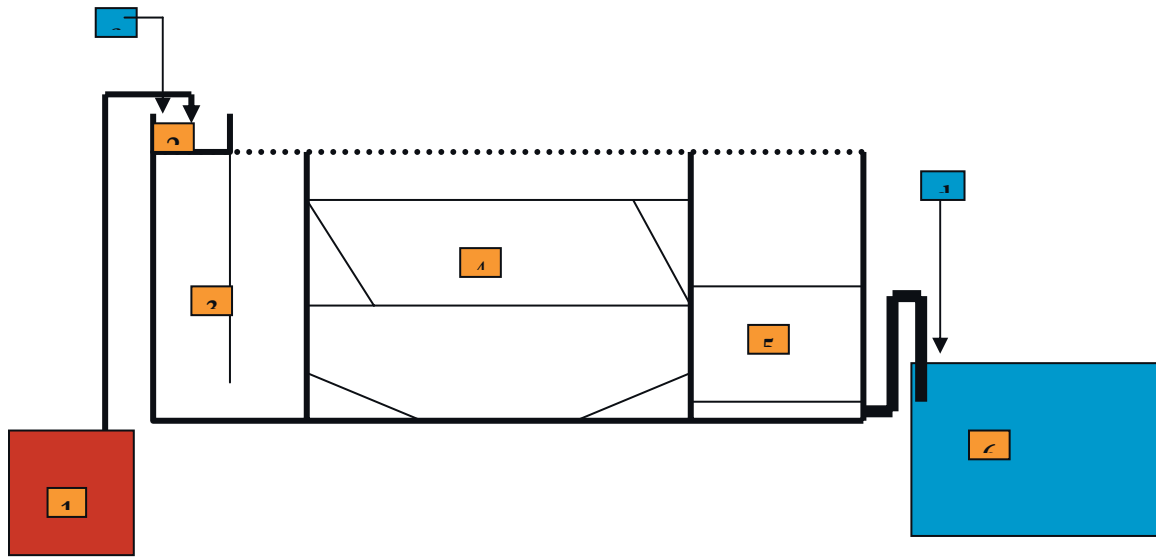
Tumbukan interpartikel terjadi karena jumlah kation Al lebih banyak dibandingkan jumlah partikel yang tersedia dalam air sehingga kation-kation Al saling bertumbukan satu sama lain menghasilkan partikel berukuran lebih besar sehingga pada akhirnya membentuk endapan. Endapan tersebut kemudian menjebak partikel koloid yang masih berada dalam air menjadi flok. Tumbukan interpartikel ini dicapai melalui proses flokulasi. Proses ini didefinisikan oleh Colwell dan Grigorova (1989) sebagai proses pengadukan lambat dimana didalamnya partikel-partikel dibawa untuk

saling melakukan kontak sehingga mendorong terjadinya aglomerasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kinerja kompartemen yang tersusun secara seri dalam bak flokulator dalam rangka mendorong terjadinya proses koagulasi dan flokulasi dalam system pengolahan air bersih.

2. Metodologi

Untuk mencapai tujuan penelitian tersebut di atas, maka telah digunakan prototype instalasi pengolahan air bersih (IPAB) skala pilot dengan kapasitas produksi 30 l/mn. IPAB ini dibuat secara kompak dengan volume total kl 2 m3. yang terdiri atas : bak koagulator, bak flokulator, bak sedimentasi, bak filtrasi dan bak penampung air bersih. Air baku dipompa dari sumber air permukaan berupa air sungai dengan menggunakan pompa sanyo dengan debit 30l/mn (Gambar 1). Air baku dialirkan secara menerus melalui bak koagulator dimana koagulan PAC diintroduksi dengan konsentrasi yang telah ditentukan sebelumnya berdasarkan uji jar test koagulasi. Dalam rangka menentukan kondisi optimal konsentrasi koagulan yang akan ditambahkan ke dalam air baku yang masuk instalasi pengolahan air bersih, maka digunakan alat jar test (Type VELP FP4) dilengkapi dengan 4 (empat) *becker glass* bervolume masing-masing 1 liter Peralatan yang akan digunakan selama penelitian ini antara lain : WQC, piala gelas, alat jar tes, *stopwatch*, gelas ukur 100 mL dan 1000 mL. Adapun bahan-bahan pendukung penelitian adalah sebagai berikut : koagulan 1 % PAC.



Keterangan :

1. Air Baku (AB)
2. Bak Koagulator (K0)
3. Bak Flokulator (K1 s/d K6)
4. Bak Sedimentasi (ST)
5. Bak Filtrasi
6. Air Produksi (AP)

Gambar 1.: Skema Instalasi Pengolahan Air Bersih

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 menampilkan lokasi titik sampling untuk pengambilan contoh air yang akan dianalisa sebelum dan setelah proses koagulasi dan flokulasi terjadi melalui kompartemen flokulator yang berjumlah 6 buah dan tersusun secara seri arah vertikal. Susunan ke 6 kompartemen ini dibuat sedemikian rupa agar memungkinkan terjadinya pengadukan lambat yang agar proses koagulasi dan flokulasi dapat berjalan dengan optimal. Air baku yang masuk ke instalasi melalui kompartemen koagulator dimana koagulan ditambahkan, yang didalamnya mengandung partikel-partikel berukuran koloid atau lebih besar, akan mengalami proses koagulasi. Konsentrasi

koagulan yang ditambahkan berda dalam kisaran 20 – 25 mg/l.

Selanjutnya proses flokulasi di dalam kompartemen flokulator dengan sistem pengdukan lambat yang terjadi disini, akan mendorong terjadinya aglomerasi partikel-partikel tersebut untuk membentuk flok yang ukurannya semakin besar. Dengan semakin besarnya ukuran flok ini, maka partikel-partikel yang masuk dalam flok akan lebih mudah mengendap sehingga terpisah dari air bersihnya di akhir proses pengolahan.

Untuk mengetahui sejauh mana kinerja maupun efisiensi proses koagulasi-flokulasi di setiap bagian kompartemen IPAB, maka perlu diukur nilai kekeruhan (turbidity) di setiap lokasi titik sampling.

Tabel 1.: Lokasi Titik Sampling dalam IPAB

No	Kode	Keterangan
1	AB	Air Baku
2	K0	Kompartemen Koagulator
3	K1	Kompartemen Flokulator 1
4	K2	Kompartemen Flokulator 2
5	K3	Kompartemen Flokulator 3
6	K4	Kompartemen Flokulator 4
7	K5	Kompartemen Flokulator 5
8	K6	Kompartemen Flokulator 6
9	ST	Kompartemen Sedimentasi
10	AP	Air Produksi

3.1. pH

Sebagai mana diketahui bahwa koagulan berbasis aluminium (Al) bersifat sedikit asam bila dimasukkan dalam air. Gambar 2 menunjukkan variasi nilai pH secara berturutan mulai dari air baku, kompartemen sampai kepada air produksi. Secara umum nilai pH berada dalam kisaran normal. Air baku memiliki nilai pH 6.8. Penambahan koagulan PAC di kompartemen K0 cenderung menurunkan nilai pH sampai di kompartemen K1 dimana proses flokulasi partikel mulai terjadi. Nilai pH di kompartemen K1 berkisar 6.7. selanjutnya nilai pH berangsur meningkat kembali sepanjang kompartemen flokulator hampir mendekati netral di K6. Sementara nilai pH bahkan mencapai di atas 7 (7.4) untuk air produksi.

3.2. Tingkat kekeruhan

Dalam rangka memantau terjadinya proses koagulasi-flokulasi di setiap kompartemen, maka dilakukan pengukuran langsung tingkat kekeruhan (Turbidity) dengan menggunakan turbidimeter jenis WQC. Hasil selengkapnya ditampilkan dalam Gambar 3. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai tingkat kekeruhan air baku berada dalam kisaran 18 NTU. Nilai kekeruhan ini meningkat menjadi 22 NTU di kompartemen K0 oleh karena adanya penambahan koagulan. Setelah terjadi homogenisasi antara air baku dan koagulan, maka proses koagulasi- flokulasi

mulai berlangsung di kompartemen flokulator K1 s/d K6. Nilai kekeruhan secara bertahap menurun sampai mencapai 6 NTU di K6. Hal ini mengindikasikan bahwa flokulator yang berjumlah 6 yang disusun secara seri dapat mendorong terjadinya pengadukan lambat yang diperlukan agar proses aglomerasi partikel dapat berjalan secara optimal. Proses flokulasi masih berlangsung sampai dengan kompartemen sedimentasi (ST) yang merupakan tempat mengendapnya flok yang sudah terbentuk di kompartemen sebelumnya. Nilai kekeruhan di bak sedimentasi ini berada dalam kisaran 4 NTU. Sementara itu sebagai tahap akhir, air dari bak sedimentasi akan melalui bak filtrasi untuk menghasilkan air produksi (AP) dengan nilai kekeruhan mendekati 0 NTU.

3.3. Efisiensi Proses Koagulasi-Flokulasi

Untuk mengetahui sejauh mana tingkat efisiensi proses koagulasi- flokulasi yang dapat menjadi indikator kinerja instalasi pengolahan air bersih, maka dapat dihitung nilai tersebut dengan menggunakan formula 1 berikut :

$$E = [(T_0 - T_1)/T_0] * 100 \quad (1)$$

Dimana :

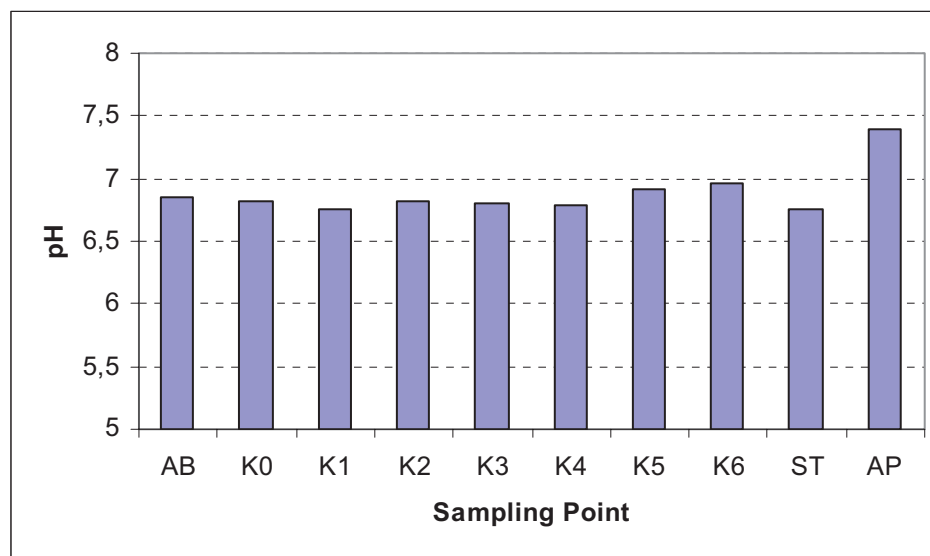
E : efisiensi proses koagulasi-flokulasi (%)

T₀ : tingkat kekeruhan air baku

T₁ : tingkat kekeruhan di kompartemen

Hasil selengkapny dari perhitungan nilai tingkat efisiensi di setiap kompartemen ditampilkan dalam Tabel 4. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai efisiensi bermula dari 0 % untuk air baku, kemudian bernilai negatif – 26 % di K0 dan – 6% di K1. nilai efisiensi negatif ini menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan di kompartemen bersangkutan nilainya lebih tinggi daripada tingkat kekeruhan air baku akibat penambahan koagulan. Seiring dengan berjalannya proses koagulasi-flokulasi di dalam kompartemen flokulasi, maka nilai efisiensi menjadi positif dan terus meningkat secara bertahap mulai dalam kisaran 12 % di K2 dan mendekati nilai 70 % di K6. Nilai

efisiensi ini meningkat lagi di kompartemen sedimentasi (ST) yang merupakan akhir proses koagulasi-flokulasi pada kisaran 75%. Hasil ini mengindikasikan bahwa proses koagulasi-flokulasi yang terjadi di kompartemen dapat berlangsung dengan cukup baik mengingat hampir 75 % partikel-partikel yang terkandung dalam air baku telah dapat diendapkan. Sementara partikel-partikel yang lebih halus dan lolos dari proses koagulasi-flokulasi dapat dipisahkan melalui kompartemen filtrasi untuk menghasilkan air produksi dengan tingkat kekeruhan 0 – 1 NTU yang berarti memiliki nilai efisiensi proses > 95 %.

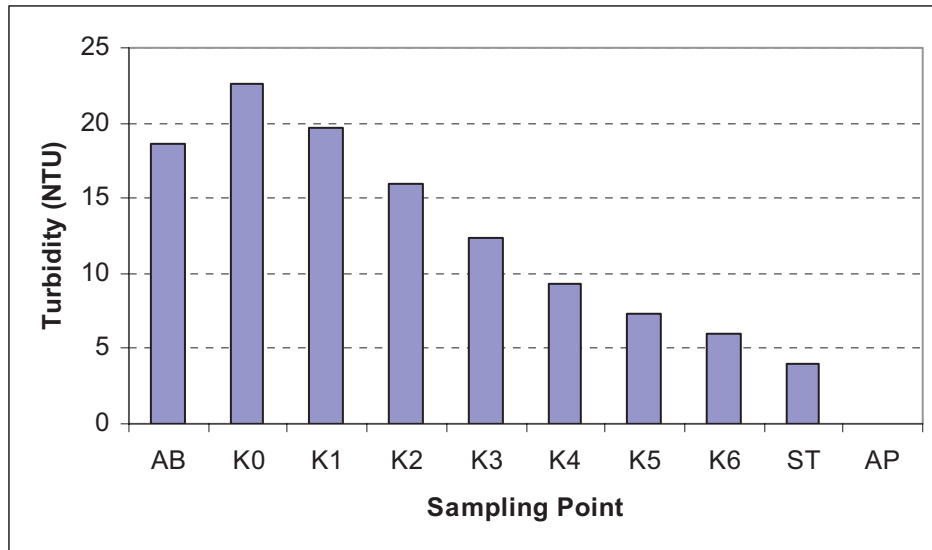


Gambar 2.: Variasi nilai pH

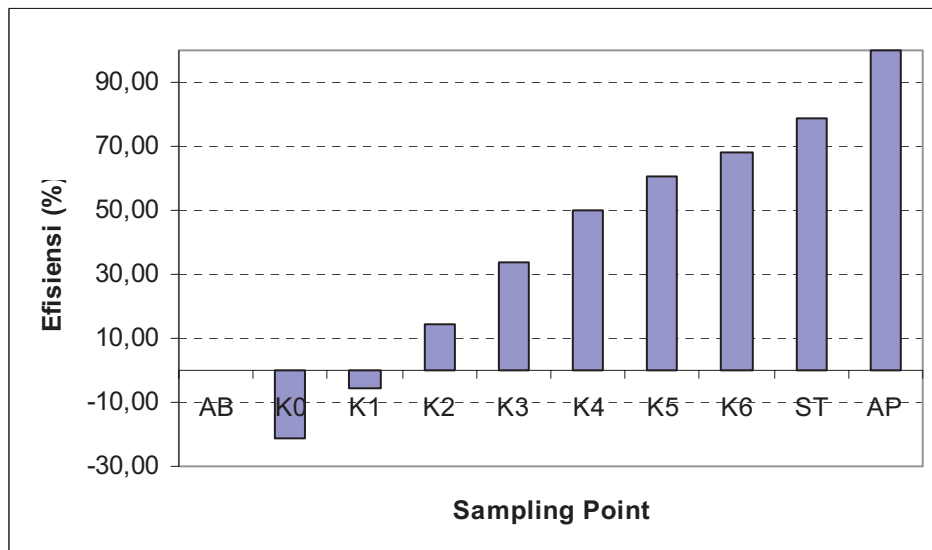
4. Kesimpulan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji efisiensi proses koagulasi – flokulasi di kompartemen flokulator yang berjumlah 6 dan tersusun secara seri sebagai alternatif untuk pengadukan lambat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kompartemen flokulator yang berjumlah 6 tersusun secara seri mampu memberikan efisiensi proses koagulasi – flokulasi yang

baik. Dengan penambahan konsentrasi koagulan standard berkisar 20 – 30 mg/l, turbiditas air baku yang awalnya berada dalam kisaran 20 NTU, menurun secara gradual di 6 kompartemen menjadi 6 NTU di kompartemen terakhir. Sementara air hasil pengolahan akhir memiliki tingkat kekeruhan 0 - 1 NTU. Sehingga nilai efisiensi proses pengolahan air diatas 95 %.



Gambar 3.: Variasi nilai tingkat kekeruhan



Gambar 4.: Variasi nilai efisiensi proses koagulasi-flokulasi

5. Daftar Pustaka

American Society of Civil Engineering and American Water Works Association. 1996. Water Treatment Plant Design. 2nd Edition. McGraw Hill Publishing Company. New York. pp. 80-95

Colwell, R.R. and R. Grigorova. 1989. Methods in Microbiology: Current Methods for Classification and

Identification of Microorganism. Vol. 19. Academic Press. London. pp. 159-161,164-171,173-175

Geng, Y. 2005. Applications of Floc Analysis for Coagulation Optimization at The Split Lake Water Treatment Plant. Thesis. University of Manitoba. Manitoba. pp. 9-14,18-28

Haines, M.G. 2003. Impact of Dual Alum and PolyAluminium Chloride

Coagulation on Filtration. Colorado
State University. Colorado. pp.24-
65

McGhee, T.J. 1991. Water Supply and
Sewage. 6 th Edition. McGraw Hill
International Edition. Singapore

Singh, T.S., B.Parikh, and K.K.Pant., 2004.
Investigation on The Sorption of
Aluminium in Drinking Water by
Low-Cost Adsorbents. Water SA
Vol.32(1): 49-54